

Penyisihan Krom Dalam Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Adsorpsi dan Fitoremediasi

Titik Indrawati^a, Nunung Isnaini Dwi Ningsih^b, Padya Sumarwanto^c

^aLaboratorium Riset, Universitas Jenderal Soedirman,
Jl. Dr. Suparno, Grendeng, Purwokerto

^bLaboratorium Fisika, Pusat Laboratorium Terpadu, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta,
Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat Tangerang Selatan Banten

^cLaboratorium Kimia Farmasi Analisis Instrumental, Fakultas Farmasi, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Sekip Utara, Yogyakarta

Corresponding author : titik.indrawati@unsoed.ac.id

Received: 7th November 2022; Revised: 7th Februari 2023; Accepted: 25th July 2023;

Available online: 28th July 2023; Published regularly: July 2023

Abstract

The laboratory is one of the units that produce liquid waste which in addition to having infectious properties is also toxic, which if not managed properly will have the potential to damage the environment and living things. Laboratory wastewater treatment is important because the treatment and procurement of WWTPs that meet the requirements are very high cost, therefore it is necessary to do research to find a simple but effective liquid waste treatment technology to reduce the level of liquid waste parameters, easy to make, using local materials, and the price is affordable. This study aims to determine the performance of sandston/gravel media, fly ash, vetiver (*Vetiveria Zizanoides* L), and the third mixture in reducing chromium content in laboratory wastewater by applying adsorption and phytoremediation methods. The liquid waste used is artificial waste made of Potassium Dichromate with a concentration of 15 mg/L. This research was conducted on a laboratory scale, using beaker. Adsorption experiments were carried out on fly ash and gravel media with weight variations of 20 g (2% w/v), 30 g (3% w/v) and 50 g (5% w/v). Phytoremediation experiments were carried out on vetiver (*Vetiveria Zizanoides* L) with variations in plant weight, namely 70 g (2% w/v), 170 g (3% w/v) and 200 g (5% w/v), while for adsorption experiments the mixture of gravel and fly ash was carried out with variations in weight of 40 g (2% w/v), 60 g (3% w/v) and 100 g (5% w/v) with ratio of 1:1, respectively. The mixture of gravel, fly ash and plants was carried out in a ratio of 1:1:1 with a weight of 100 g each. Observations were made on chromium levels on day 1 and 15. The results showed that the removal of chromium levels in each adsorption experiment using gravel was an average of 0,32 mg/L, while adsorption using fly ash average 1.58 mg/L; 10.135 for fly ash; 2.00% for gravel, and 24.16% for vetiver. The decrease in chromium levels with vetiver plants was 3,78 mg/L on average. The highest removal efficiency (RE) value of 76.64% occurred in the adsorption and phytoremediation experiments using vetiver plants and a mixture of fly ash and gravel media a ratio (1:1:1) with each weight of 100 g (5% w/v).

Keywords : Chromium, laboratory wastewater, adsorption, phytoremediation, fly ash, vetiver

Abstrak

Laboratorium merupakan salah satu unit penghasil limbah cair yang selain memiliki sifat infeksius juga bersifat beracun, yang apabila tidak dikelola dengan baik akan berpotensi merusak lingkungan dan makhluk hidup. Pengolahan limbah cair laboratorium menjadi hal penting karena perawatan dan juga pengadaan IPAL yang memenuhi persyaratannya, sangat tinggi biayanya, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menemukan teknologi pengolahan limbah cair yang sederhana tetapi efektif menurunkan kadar parameter limbah cair, mudah dibuat, menggunakan material lokal, dan harganya terjangkau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari media batu pasir/kerikil, fly ash, akar wangi (*Vetiveria Zizanoides* L), dan campuran ketiga dalam menurunkan

kadar krom pada limbah cair laboratorium dengan penerapan metode adsorpsi dan fitoremediasi. Limbah cair yang digunakan adalah limbah artifisial yang terbuat dari Kalium Dikromat dengan konsentrasi 15 mg/L. Penelitian ini dilakukan berdasarkan skala laboratorium, menggunakan gelas beker. Percobaan adsorpsi dilakukan terhadap media fly ash dan kerikil dengan variasi bobot 20 g (2 % b/v), 30 g (3 % b/v) dan 50 g (5 % b/v). Percobaan fitoremediasi dilakukan terhadap tanaman akar wangi (*Vetiveria Zizanoides*) dengan variasi bobot tanaman yaitu 70 g (2 % b/v), 170 g (3 % b/v) dan 200 g (5 % b/v), sedangkan untuk percobaan adsorpsi campuran kerikil dan fly ash dilakukan dengan variasi bobot 40 g (2 % b/v), 60 g (3 % b/v) dan 100 g (5 % b/v) perbandingan masing-masing 1:1. Campuran kerikil, fly ash dan tanaman dilakukan dengan perbandingan 1:1:1 dengan bobot masing-masing 100 g. Pengamatan dilakukan terhadap kadar Krom pada hari ke-0 dan ke-15. Hasil penelitian menunjukkan penyisihan kadar Krom pada masing-masing percobaan adsorpsi menggunakan kerikil rata-rata 0,32 mg/L, sedangkan adsorpsi menggunakan fly ash rata-rata 1,58 mg/L. 10,13 % untuk fly ash; 2,00 % untuk kerikil, dan 24,16 % untuk akar wangi. Penurunan kadar Krom dengan tanaman akar wangi rata-rata sebesar 3,78 mg/L. Nilai Removal Efficiency (RE) tertinggi yaitu 76,64 % terjadi pada percobaan adsorpsi dan fitoremediasi menggunakan tanaman akar wangi dan campuran media fly ash dan kerikil dengan perbandingan (1:1:1) dengan bobot masing-masing 100 gr (5% b/v).

Kata Kunci : krom, limbah cair laboratorium, adsorpsi, fitoremediasi, fly ash, akar wangi

PENDAHULUAN

Limbah merupakan hasil dari sebuah proses, baik itu skala rumah tangga sampai dengan skala industri. Pengolahan limbah dilakukan untuk mengurangi kadar bahan dalam limbah yang bisa menimbulkan bahaya pada lingkungan dan makhluk hidup. Teknologi dan metode pengolahan limbah mengacu pada 3 (tiga) proses yaitu pengolahan limbah secara fisika, kimia, dan biologi. Air limbah laboratorium menurut Said (2009) dalam (Ciptaningayu, 2017) merupakan cairan apa saja yang berasal dari tempat pencucian. Sedangkan jenis bahan kimia yang umum digunakan bersifat asam, basa, organik, dan anorganik. Kelompok bahan kimia anorganik meliputi berbagai jenis garam seperti natrium klorida, magnesium klorida, kalium kromat, kalium bikromat. *Chrom* merupakan salah satu jenis bahan berbahaya dan beracun (B3) dan mempunyai respon biokimia pada organisme hidup. *Chrom* yang terbuang bersama limbah cair sebagai cemaran B3 akan dapat terakumulasi dalam tubuh dan lingkungan (Bagase & Ash, 2013), oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan limbah cair sebelum dilepas ke lingkungan.

Adsorpsi dan fitoremediasi merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah cair. Metoda adsorpsi merupakan suatu metoda yang paling banyak digunakan dengan memanfaatkan sumber daya alam yang masih melimpah, atau menggunakan limbah pertanian, peternakan dan perikanan yang sering terbuang bahkan melakukan aktivasi atau modifikasi untuk memperbanyak porositas dan memperluas bidang permukaan bahan penyerap (Hevira *et al.*, 2019). Studi adsorpsi pada tanah tercemar abu terbang (*fly ash*) dengan menggunakan tanaman kangkung darat berhasil menurunkan kadar Pb dilihat dari adanya perbedaan yang nyata konsentrasi logam Pb pada masing-masing umur panen dimana pada minggu kelima menunjukkan kadar Pb yang tertinggi (Putri *et al.*, 2019). Telah dilakukan juga kajian adsorpsi krom dalam limbah cair penyamakan kulit. Kondisi optimum penyerapan dipengaruhi berbagai faktor, antara lain pH, konsentrasi krom, dan waktu (Mayasari & Sholeh, 2016). Pengolahan limbah cair laboratorium dengan adsorpsi telah dilakukan untuk mengelola limbah cair di laboratorium Teknik Lingkungan UNIPA Surabaya dan hasilnya cukup memuaskan karena limbah cair laboratorium tersebut bisa memenuhi baku mutu sesuai dengan peraturan menteri lingkungan hidup Nomor 5 tahun 2014. (Nurhayati & Pertiwi, 2018).

Fitoremediasi adalah upaya penggunaan tanaman untuk dekontaminasi limbah (Djo *et al.*, 2017). Fitoremediasi juga dijelaskan sebagai salah satu teknologi pembersihan, penghilangan atau pengurangan polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun dalam tanah atau air dengan menggunakan bantuan tanaman (*hiperaccumulator plant*) (Ambarwati & Bahri, 2007). Salah satu jenis tanaman yang dapat digunakan untuk meremediasi limbah adalah akar wangi. Tanaman akar wangi

(*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) merupakan tanaman hiperakumulator logam yang memiliki sifat daya penyerapan atau akumulasi yang tinggi terhadap logam berat di jaringan tumbuhan. Tanaman ini sangat toleran terhadap kekeringan dan banjir, embun beku, panas, pH tanah yang ekstrim, toksisitas Al dan Mn, serta sangat toleran untuk berbagai macam logam seperti As, Cd, Cu, Cr, dan Ni (Ui *et al.*, n.d.). Beberapa penelitian penggunaan akar wangi dalam pengelolaan limbah, diantaranya penggunaan akar wangi sebagai salah satu penyisihan logam Pb cukup efektif pada tercemar lindi di Leuwigajah, Kota Cimahi. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan logam Pb di tanah tercemar setelah dilakukan penanaman selama 25 hari (Rinarti & Kamil, 2010).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tersebut, sudah jelas bahwa akar wangi, *fly ash*, dan juga kerikil masing-masing dapat mengurangi kadar logam dalam limbah cair. Maka pada penelitian ini akan dilakukan uji kinerja secara sederhana penyisihan logam krom khusus pada limbah cair laboratorium dengan metode adsorpsi dan fitoremediasi dengan menggunakan ketiga media, dan campuran dari ketiga media tersebut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Februari sampai Maret 2021 di Laboratorium KFA. Instrumental, Fakultas Farmasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Alat yang digunakan yaitu *beaker glass* merk *Pyrex*, timbangan analitik merk *Ohaus*, gelas ukur merk *Pyrex*, labu takar merk *Pyrex*, botol sampel dan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) merk *Hitachi*. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu kerikil, *fly ash* (abu terbang batubara) yang diperoleh dari PLTU PT. Indonesia Power Buntan, Adipala, Cilacap, tanaman akar wangi (*Vetiveria Zizanioides* L), akuades, dan limbah artifisial yang dibuat dari larutan $K_2Cr_2O_7$ dengan konsentrasi 15 mg/L.

Persiapan desain media dan percobaan

Percobaan adsorpsi dilakukan pada kerikil dan *fly ash* sedangkan fitoremediasi digunakan tanaman akar wangi (*Vetiveria Zizanioides* L). Variasi bobot masing-masing yaitu 20 gr (2% b/v), 30 gr (3 % b/v) dan 50 gr (5 % b/v), sedangkan untuk variasi bobot akar wangi 70 g (2 % b/v), 170 g (3 % b/v) dan 200 g (5 % b/v). Percobaan juga dilakukan untuk campuran media kerikil, *fly ash* dan akar wangi dengan perbandingan (1:1:1) untuk bobot 40 gr (2 % b/v), 60 gr (3 % b/v) dan 100 gr (5 % b/v). Limbah laboratorium yang digunakan adalah limbah artifisial yang terbuat dari $K_2Cr_2O_7$ dengan konsentrasi 15 mg/L.

Pengamatan

Pengamatan dilakukan dengan cara analisis kadar Krom dalam air pada hari ke-0 sebagai konsentrasi awal dan hari ke-15 sesudah percobaan. Analisis kadar Krom dilakukan menggunakan AAS dan metode SNI 06-6989.17-2004.

Menentukan efektifitas penyisihan Krom

Nilai efektivitas (*Removal Effectivitas*) penyisihan Krom secara adsorpsi dan atau fitoremediasi dihitung dengan rumus:

$$RE (\%) = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Awal Kadar Krom dalam Limbah Cair

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan pengukuran kadar Krom sebagai kadar Krom awal terhadap limbah artifisial yang digunakan menggunakan AAS. Hasil pengukuran diperoleh kadar

Krom awal adalah 15,658 mg/L. Berdasarkan Peraturan Daerah Jawa Tengah nomor 5 tahun 2012 mengenai Perubahan Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah nomor 10 tahun 2004 tentang baku Mutu Air Limbah, kadar logam berat Krom total tidak boleh melebihi 0,5 mg/L (Golongan I) dan 1, oleh sebab itu perlu dilakukan uji coba untuk menurunkan kadar tersebut.

Adsorpsi dan fitoremediasi Krom

Pada penelitian ini percobaan adsorpsi Krom dilakukan pada *Fly Ash* dan Kerikil, sedangkan untuk percobaan fitoremediasi dilakukan pada tanaman Akar Wangi dan campuran ketiganya. Pengukuran kadar Krom dilakukan untuk semua percobaan pada hari ke-0 dan hari ke-15. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengamatan

Variasi	Media	Fly ash (FA)	Kerikil (Kr)	Tanaman Akar wangi (TA)	Campuran FA+Kr+TA
	Kadar Krom hari ke-0 (mg/L)		Kadar Krom hari ke-15 (mg/L)		
2%	15,658	14,529	15,106	15,270	5,962
3%	15,658	13,843	15,380	10,877	5,056
5%	15,658	13,843	15,545	9,477	3,658

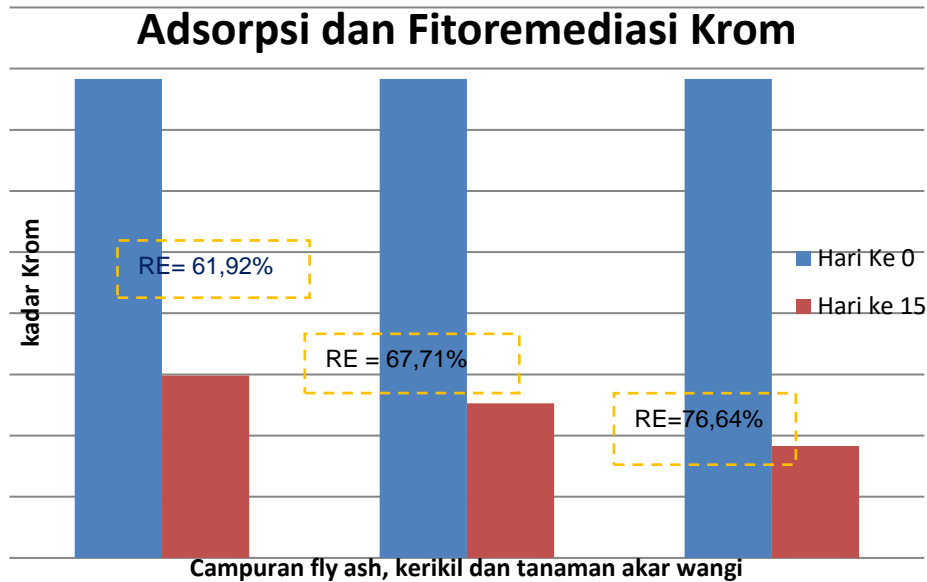
Tabel 1. menunjukkan bahwa penurunan kadar Krom pada proses adsorpsi menggunakan kerikil rata-rata 0,32 mg/L, sedangkan adsorpsi menggunakan *fly ash* rata-rata 1,58 mg/L. Menurut Witono, (2015) *fly ash* dapat menghilangkan kontaminan organik karena mengandung karbon yang tinggi, memiliki luas permukaan yang besar, dan mengandung Al, Fe, Ca, Mg, dan Si. Komponen seperti K₂O, Al₂O₃, CaO dan SiO₂ yang biasa terlibat dalam pembentukan zeolite dan berada didalamnya membuat *fly ash* berpotensi sebagai adsorben. Sedangkan kerikil merupakan batuan sungai yang berpori. Tingkat permeabilitas dan konduktivitas hidrolis kerikil sangat berpengaruh terhadap detensi air limbah, dimana waktu detensi yang cukup akan memberikan kesempatan antara mikroorganisme dengan air limbah. Penurunan kadar Krom dengan tanaman akar wangi rata-rata sebesar 3,78 mg/L. Hal ini karena tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) merupakan tanaman hiperakumulator logam yang memiliki sifat daya penyerapan atau akumulasi yang tinggi terhadap logam berat di jaringan tumbuhan.

Pada percobaan adsorpsi dan fitoremediasi campuran *fly ash*, kerikil dan tanaman akar wangi dengan perbandingan 1:1:1 untuk bobot 100 gr (5 % b/v), diperoleh rata-rata penurunan kadar Krom sebesar 10,77 mg/L. Hal ini karena terjadi proses fisika, kimia dan biologi yang disebabkan oleh adanya interaksi antara tanaman, substrat dan mikroorganisme. Proses-proses tersebut terjadi karena tanaman berperan penting karena memiliki beberapa fungsi antara lain sebagai media tumbuh mikroorganisme dan juga menyediakan kebutuhan oksigen bagi akar dan daerah perakaran dengan proses fotosintesa, yang digunakan untuk pertanaman biologis bagi mikroorganisme yang berada di zona akar, dalam hal ini tanaman memiliki kemampuan memompa udara melalui sistem akar. Selain itu tanaman juga menjadi komponen penting dalam proses transformasi *nutrient* yang berlangsung secara fisik dan kimia mendukung proses pengendapan terhadap partikel tersuspensi. Terjadinya kematian pada akar disertai dengan pelepasan bahan organik yang mendukung terjadinya proses denitrifikasi dan proses filtrasi bahan solid (Erwin, 2017).

Efektivitas penyisihan Krom

Tabel 1 menunjukkan bahwa penurunan kadar krom yang paling banyak terjadi pada percobaan gabungan adsorpsi dan fitoremediasi (Campuran FA+Kr+TA), hal ini menunjukkan nilai efektivitas penyisihan Krom pada percobaan tersebut lebih tinggi dibanding nilai efektivitas penyisihan Krom pada percobaan adsorpsi hanya menggunakan *fly ash* maupun kerikil. Gambar 1 menunjukkan bahwa pada

percobaan adsorpsi dan fitoremediasi (FA+Kr+TA) terjadi penurunan kadar Krom yang signifikan terjadi pada campuran dengan variasi massa 100 gr (5 % b/v).



Gambar 1 . Removal Efficiency Penyisihan Krom

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar variasi massa (2 % b/v; 3 % b/v dan 5 % b/v) yang digunakan baik *fly ash*, kerikil maupun tanaman akar wangi, semakin besar RE yang diperoleh. Hal ini karena pada proses adsorpsi oleh *fly ash* dan kerikil maupun fitoremediasi oleh akar wangi. Semakin besar massa adsorben maka jumlah pori semakin banyak sehingga mampu menyerap lebih banyak Krom. Selain massa dari campuran ketiga media tersebut, waktu juga memberikan pengaruh yang signifikan. Pada tabel 1 terlihat perbedaan yang sangat signifikan penyerapan Krom pada hari ke-0 (nol) dan hari ke-15. Pada campuran ketiga media, diperoleh nilai yang cukup rendah yaitu dibandingkan hanya menggunakan *fly ash*, kerikil, dan akar wangi secara terpisah. Hal itu karena ada 2 proses yang terjadi yaitu adsorpsi dan fitoremediasi. Mekanisme penyisihan Krom yang terjadi merupakan kombinasi yang kompleks antara proses fisika-kimia dan biologis. Adsorpsi pasif ion-ion logam berat oleh tanaman dan media, pengikatan oleh mikroorganisme, dan pengendapan logam berat sebagai senyawa karbonat dan sulfida sebagai hasil reaksi *redoks*. Adsorpsi terjadi karena perbedaan potensial antara molekul-molekul adsorbat dengan permukaan aktif pada pori-pori adsorben. Menurut Melyta, (2019) terdapat 3 tahapan proses adsorpsi pada adsorben berpori, yaitu transfer zat terlarut dari bulk solution ke permukaan paling luar ke intra partikel aktif (intra partikel resistensi) dan interaksi zat terlarut di permukaan dalam dan luar.

Air limbah yang mengandung Krom akan kontak dengan akar tanaman akar wangi dan terjadi proses fitoremediasi atau penyerapan kontaminan oleh tanaman. Tanaman mampu melepaskan senyawa pengkhelat yang berdampak langsung atau tidak langsung terhadap mobilitas dan toksisitas Krom, dan mengakumulasi Krom dalam jaringannya. Proses dalam sistem fitoremediasi berlangsung secara alami dengan enam tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan/pencemar yang berada disekitarnya yaitu: (Warisaura, 2018).

- a. *Phytoaccumulation (phytoextraction)*
yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga terakumulasi disekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga *Hyperaccumulation*
- b. *Rhizofiltrazion*
Adalah adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar. Proses ini telah dibuktikan dengan percobaan menanam bunga matahari pada kolam mengandung zat radioaktif di Chernobyl Ukraina.
- c. *Phytostabilization*
yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap kedalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
- d. *Ryzodegradation* disebut juga *enchanced rhizospere biodegradation* atau *plented assisted bioremediation degradation* yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi dan bakteri.
- e. *Phytodegradation*
Yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau diluar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri.
- f. *Phytovolatilization*
yaitu proses menarik dan transparasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diuapkan diatmosfir. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air 200 sampai 1000 liter perhari untuk setiap batang
Mekanisme yang terjadi adalah akar wangi akan menyerap Krom yang terdapat dalam air limbah melalui bulu bulu akar yang jumlahnya sangat banyak. Logam Krom akan masuk ke akar melalui proses difusi pasif dalam bentuk ion-ion, selanjutnya ion Krom berikatan dengan senyawa pengkhelat yang dihasilkan oleh tanaman (misalnya asam organik, *glutathione*, *phytochelatin*, dan *metallothionein*) untuk mengurangi toksisitas logam Krom di dalam jaringan tanaman. Akumulasi Krom pada zona perakaran tergantung pada beberapa faktor yaitu lambatnya transportasi Krom dari akar ke pucuk tanaman dan pembentukan senyawa kompleks dengan kelompok karboksil yang menghambat translokasi Krom ke pucuk tanaman (Zayed dkk, 2003). Hal ini pula yang menyebabkan kadar Krom yang dihasilkan pada waktu percobaan 15 hari masih diatas baku mutu yang telah ditetapkan.

KESIMPULAN

Mengacu pada hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penyisihan Krom pad air limbah cair laboratorium dapat dilakukan dengan metode adsorpsi dan fitoremediasi. Campuran media *fly ash*, kerikil, dan akar wangi sangat efektif dalam penyerapan limbah Krom, yaitu rata-rata 10,77 mg/L kadar Krom dimana massa dari masing-masing media juga sangat berpengaruh. Semakin banyak massa media semakin besar nilai RE (*Removal Efficiency*) ditunjukkan dengan massa dengan bobot 5 % memiliki nilai RE tertinggi (76,64 %), dibandingkan dengan massa dengan bobot 3 % memiliki nilai RE 67,71 % dan massa dengan bobot 2 % memiliki nilai RE 61,92 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Instrumen dan Kormatografi, Fakultas Farmasi UGM.

DAFTAR PUSTAKA

- Boyce, P.C., S. Y. Wong, A. P. J. Ting, S. E. Low, K. K. Ng, I. H. Ooi. 2010. The Araceae of Borneo- The genera. *Journal ofAroideana* Vol.33.
- Fadlilah, I., Prasetya, A., & Mulyono, P. (2018). Recovery Ion Hg²⁺ dari Limbah Cair Industri Penambangan Emas Rakyat dengan Metode Presipitasi Sulfida dan Hidroksida. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 23. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.34496>
- Fawzya, Y.N., S. Putri, N. Noriko. and G. Patantis, 2013. Identification of SGS 1609 Cellulolytic Bacteria Isolated from *Sargassum spec.* and Characterization of The Cellulase Produced. *Squalen Bulletin of Marine & Fisheries Postharvest & Biotechnology*. 8 (2): 57-68.
- Fuadi, A. M. dan H. Sulistya. 2008. Pemutihan Pulp dengan Hidrogen Peroksida. *Jurnal Reaktor*. 2(12): 123-128.
- Is Helianti*, Maria Ulfah, Budiasih Wahyuntari, Niknik Nurhayati, Edi Wahjono, and Dian Fajar. Vitia Ningrum. 2014. Properties of Native and Recombinant Thermoalkalophilic Xylanases from *Bacillus halodurans* CM1, and Application of the Enzymes in Industrial Deinking Process. *The 1st ASEAN Microbial Biotechnology Conference 2014 (AMBC2014)*. 19-21 Feb 2014. Bangkok, Thailand.
- Isaie, Mushimiyimana & Padmavathi, Tallapragada. 2015. Agro wastes residues as strategy to produce cellulase. *International J. Of Chemt Tech*. 8: 89-97
- Ji W, D. Ming, L. Yan-Hong, C. Qing-Xi, X.Gen-Jun, and Z. Fu-Kun, 2003. Isolation of a multifunctional endogenous cellulase gene from mollusc, *Ampullaria crossean*. *Dalam* : Al-Arif, M.A., W. Darmanto dan N.T. Puspaningsih, (eds.) 2012. Isolasi dan Karakterisasi Ensim Selulase dari Keong Emas dan Rayap sebagai Bahan Pendegradasi Selulosa. *Jurnal JBP Biosains*. 2(14) : 86-92.
- Johnsen, H.R. and K. Krause, 2014. Cellulase Activity Screening Using Pure Carboxymethylcellulose:Application to Soluble Cellulolytic Samples and to Plant Tissue Prints. *Int. J. Mol. Sci*. 15: 830-838.
- Kartawinata, N., S. Riswan, A. N. Ginting & T. Puspitasari. 2001. An Overview Post Extraction Secondary Forest In Indonesia. *Jurnal of Tropical Forest Science*. 13(4): 621 – 638
- Khiannngnam S, Y. Pootaeng-on, T. Techakriengkrai, S. Tanasupwat. 2014. Screening and Identification Of Cellulase Producing Bacteria Isolated From Oil Palm Meal. *J. Appl. Pharmaceutical Sci*. 4(04) : 090-096
- Mayo, S.J., Bogner, J., and Boyce P.C., 2014. The Genera Of Aaceae. Media resources Information Services Department. Royal Botanical Garden, Kew.
- Melyta, D., A. Prasetya., Sarto. (2019) 'Pengaruh Melati Air Terhadap Penyisihan Krom Dalam Limbah Cair Penyamakan Kulit Pada Sistem Sub Surface Flow Constructed Wetland'. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XV. Program Studi Teknik Kimia UPN Jawa Timur. ISSN 1978-0427
- Sultana, M. Y., Akrotos, C. S., Pavlou, S., & Vayenas, D. V. (2014). *Chromium removal in constructed wetlands: A review*. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 96(August), 181–190. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.08.009>
- Supradata. (2005). Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias (*Cyperus alternifolius*) dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands). Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, 64–67.
- Ulfah, M., I. Helianti, B. Wahyuntari, and N. Hurhayati. 2011. Characterization of a New Thermoalkalophilic Xylanase –Producing Bacterial Strain Isolated from Cimanggung Hot Spring, West Java, Indonesia. *Microbiology Indonesia*. 3(5): 139-143.
- Warisaura, A.D. 2018. Penurunan Kadar Merkuri pada Air Limbah Tambang Emas Rakyat dengan Kombinasi Metode Adsorpsi Zeolit dan Fitoremediasi Akar wangi pada *Sub-Surface Flow Constructed Wetland* (SSF-CW). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada

Zayed, A. M., Terry, N. (2003) 'Chromium in the environment: Factors affecting biological remediation', *Plant and Soil*, 249(1), pp. 139–156. doi: 10.1023/A